

**UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL - INSTITUTO DE
BIOCIÊNCIAS
COMISSÃO DE GRADUAÇÃO DO CURSO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
PRÁTICA DE PESQUISA EM EDUCAÇÃO: TRABALHO DE
CONCLUSÃO DE CURSO**

**BIOTECNOLOGIA NO ENSINO MÉDIO: UMA ANÁLISE
EM LIVROS DIDÁTICOS do PNLD**

RODOLFO KRÜGER DA CÂMARA RIBAS

Orientadora:

PATRICIA VALENTE DA SILVA

PORTO ALEGRE, JULHO DE 2018

RESUMO

A biotecnologia é uma área de grande importância para a sociedade atual e suas aplicações na história da humanidade datam de milênios atrás. Livros didáticos, porém, incluem este assunto há pouco tempo, e sua abordagem se mantém alinhada com a lógica cientificista, neutra, pouco contextualizada com a realidade. O livro didático que poderia, ou deveria, ser apenas mais um recurso didático dentre muitos possíveis ainda é o principal recurso organizador do conhecimento em sala de aula e, em muitos casos, a única fonte de informações. Nesses casos as informações são tratadas como verdades, e o que não está presente no livro pode ser tratado como pouco importante ou mesmo nem ser considerado em sala de aula. O fazer técnico-científico não é apenas socialmente inserido, mas também próprio agente da transformação social. Tratá-lo como tal no processo da escolarização é dar ao tema seu valor devido. A abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade é uma forma socialmente contextualizada de tratar o assunto em busca de uma realidade emancipatória da educação. Este trabalho analisou cinco coleções de livros didáticas, quanto à sua abordagem para o ensino de biotecnologia. Destas, quatro apresentavam capítulos dedicados à Biotecnologia e, com algumas variações, abordavam os assuntos: Transgênicos, Exames de DNA e Células-Tronco. Uma análise no *site* SuperPro Web[®] revela grande incidência destes assuntos em vestibulares, o que é coerente com o predomínio dos temas citados. A abordagem, no entanto, mostra-se pretensamente neutra e técnica, sem questionamentos nem reais alternativas às problemáticas apresentadas. Esta falta de criticismo vai de encontro à proposta de escolarização da lei de diretrizes e bases e dos parâmetros curriculares nacionais, que preconizam uma educação crítica e cidadã, formadora de opinião. Uma escolarização emancipatória, que de fato promova autonomia e cidadania, deveria apresentar questionamentos e alternativas às técnicas apresentadas, em que pese sua importância técnica e científica.

ABSTRACT

Biotechnology is a field of major importance to modern society, and its applications date thousands of years in human's history. School textbooks, on the other hand, included this subject not long ago, and its approach is still aligned to the scientific, neutral view and little focused on day-to-day reality. Textbooks are only one among many other didactic resources, but they are still the main resources on organizing knowledge in the classroom. Being so, its approaches are treated as truths, and what is not said can also be treated as less important. The scientific-technical making is not only socially inserted, but also the very agent of social transformation. Treating it as such in the schooling process is giving to the topic its due value. The Science, Technology and Society approach is a socially inserted way to deal with this matter, and it is highly recommended in an emancipatory education context. This work has analyzed five schoolbook collections, related to its Biotechnology approach on education. Four of these present dedicated chapters to this matter and, along with some variations, they included the subjects of Transgenic, DNA tests and Stem Cells. An analysis made in the SuperPro Web® site reveals great incidence of those topics in university entrance exams, which explains the predominance of the above cited subjects. Its approach, however, shows itself under technical and pretense neutral analysis, bringing no questioning or real alternatives to the arisen problems. This lack of criticism goes against what is proposed in Brazilian legislation such as the Base Directions Law and the National Curricular Parameters for High School, which advocates a critic, citizen, opinion-forming education. An emancipatory, autonomy and citizenship-promoting education should present questioning and alternatives to the presented techniques, despite their technical and scientific importance.

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Impressão suméria em argila feita com selo cilíndrico, datada de aproximadamente 2600 A.C. (Damerow, 2012).....	11
Figura 2: Arquitetura das espigas de Teosinto e de Milho (Inflorescências femininas). A: espiga de Teosinto. B: Espiga de milho. Adaptado de Doebley, 1999.	12
Figura 3: Notícia do site G1, de 20/02/2013, sobre flatulências em aeronaves.	14
Figura 4: comparação de número de assuntos abordados dentro do tema de Biotecnologia entre as cinco coleções estudadas.	29
Figura 5: Proporção da abordagem dos 13 assuntos mapeados, por cada um dos cinco livros analisados.	29
Figura 6: Proporção de questões de vestibular no banco de dados do site SuperPro referente ao total de questões de Biologia entre 2001 e 2018.	31

SUMÁRIO

ÍNDICE DE FIGURAS.....	4
RESUMO	2
ABSTRACT.....	3
SUMÁRIO	5
1. INTRODUÇÃO	6
1.1 PROBLEMÁTICA	8
1.2 JUSTIFICATIVA	9
1.3 OBJETIVOS.....	10
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	11
2.1 Biotecnologia – Apanhado Histórico	11
2.2 Biotecnologia e o contexto CTS - Tecnologia Ciência e Sociedade	13
2.3 Livro Didático – uma obra autoral	16
2.4 Programa Nacional do Livro e do Material Didático (PNLD)	19
2.5 A organização dos conhecimentos – Legislação e Vestibular.....	21
3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO.....	25
4. ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA PNLD 2018	26
4.1 Assuntos Abordados	26
4.2 Análise Crítica – Abordagem CTS	32
4.2.1 Biologia (SILVA JÚNIOR, 2017):	32
4.2.2 Bio (Lopes, 2017):	34
4.2.3 Biologia Hoje (LINHARES, 2016):.....	35
4.2.4 #Contato Biologia – (GODOY, 2017)	38
4.3 Posicionamento lógico dos assuntos dentro da obra	39
4.4 Atividades práticas e outros aspectos didáticos.....	40
5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS	41
6. BIBLIOGRAFIA	42

1. INTRODUÇÃO

A Biotecnologia é uma área inegavelmente importante para a sociedade moderna e, em certa medida, sempre foi. Por exemplo, na antiguidade e antes mesmo já se realizavam bebidas fermentadas como a cerveja e o vinho, muito antes de se conhecer os processos da respiração anaeróbia. Também na antiguidade foram domesticadas e hibridizadas variedades de plantas como o milho

Embora o termo Biotecnologia seja associado a processos sofisticados e a estudos de laboratório, à seleção de plantas de interesse comercial, comestível e ornamental, trata-se de um processo biotecnológico. A escolha de plantas de milho, com maior produção de grãos e de amido, é um caso de melhoramento que ocorreu há milhares de anos na América pré-Colombiana. Muito se avançou desde então, sendo possível inserir genes bacterianos nesta planta e torná-la resistente a pesticidas, ou modificar o arroz para produzir vitaminas.

No entanto, a mídia atualmente traz inúmeras referências a trabalhos biotecnológicos, avanços da área da biotecnologia, o que traz consequências diversas para o cotidiano da sociedade. As novidades, os avanços para diversos setores são, em grande parte, informados e revelados de forma unilateral. Não há espaço para opiniões ou réplicas e assim ignora-se a cidadania, a efetiva participação em decisões sobre os rumos do grupo social em que se vive ou, em outra medida, exercício dos direitos de cidadão e cidadã. Em parte, porque as decisões são tomadas à revelia da sociedade; em outra, porque a sociedade não está preparada para contestar as novidades tecnológicas e as abraça como verdades absolutas.

Esta formação cidadã, esta conscientização dos perigos ou benefícios de novas tecnologias, pode e deve ser trabalhada dentro da escolarização formal, bem como em todo processo educacional. A perspectiva CTS – Ciência, Tecnologia e Sociedade – vai ao encontro desta noção libertadora e significativa da educação, negando a lógica do simples acúmulo de conhecimento. Esta perspectiva eleva o processo escolar a uma formação mais autônoma, em que se aplicam e articulam os conhecimentos técnico-científicos.

Desta feita, livros didáticos desempenham um papel nevrálgico no tocante organizacional destes temas, orientando os conhecimentos formais escolares e, ainda que não sejam usados na totalidade das aulas, por fim são o material de apoio mais importantes em sala de aula. Um possível questionamento é se estes livros são suficientes para, de forma cidadã e crítica, compreendermos a biotecnologia.

1.1 PROBLEMÁTICA

Infelizmente a biotecnologia é assunto recente em livros didáticos. Sua abordagem é extremamente teórica e há poucas propostas de práticas com o assunto, sendo que algumas das técnicas mais utilizadas (como extração de DNA, amplificação e eletroforese) demandam conhecimentos básicos e equipamentos simples. Por exemplo, é possível realizar a extração e eletroforese de DNA total de morangos usando detergente líquido, álcool e NaCl, gelatina e uma bateria automotiva.

Atualmente a mídia, em suas mais variadas formas, apresenta diversas referências à biotecnologia: desde vacinas anuais para gripe, superbactérias, mosquito transgênico da Dengue, células-tronco e “vacinas” para câncer, passando pelos famosos testes de paternidade e de DNA forense, até os polêmicos Alimentos Transgênicos. Como os livros de Biologia do Ensino Médio abordam esses temas? Qual a relevância concedida para estes assuntos? O aluno de Ensino Médio finaliza a Escola Básica sabendo articular minimamente estes temas? Saberá opinar e criticar estes avanços, percebendo os impactos que podem ter na sua vida?

1.2 JUSTIFICATIVA

Assim, este trabalho encontra justificativa na importância da discussão mais aprofundada e reiterada do tema, se pretendemos que a formação escolar proveja à sociedade a formação de cidadãos opinativos e críticos. A autonomia de pensamento científico e a libertação da dependência opinativa só podem ocorrer, quando desejado, através de uma abordagem crítica e socialmente contextualizada da ciência e da tecnologia. Estruturado sobre dois pilares, este trabalho encontra respaldo 1. na necessidade do ensino científico-tecnológico sob uma perspectiva CTS; 2. na legislação vigente que preconiza que conhecimentos científico-tecnológicos sejam contextualizados e que façam sentido para a participação da vida em sociedade.

1.3 OBJETIVOS

Dada a importância da temática da biotecnologia na sociedade atual, tendo em vista os avanços e o quão presente o tema se revela no cotidiano, o presente trabalho visa analisar a forma como a biotecnologia é abordada em Livros Didáticos adotados pelo Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) de 2018 (BRASIL, 2017). Ainda, pretende-se apresentar sugestões de realinhamento, com base em comparações com o estado-da-arte das principais técnicas e sua relevância para compreensão de aplicações corriqueiras.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 BIOTECNOLOGIA – APANHADO HISTÓRICO

A Biotecnologia é uma área inegavelmente importante para a sociedade moderna e, em certa medida, sempre foi. Muito antes de compreender fenômenos celulares de respiração anaeróbia, na antiguidade e antes mesmo já se realizavam, por exemplo, fermentações. A prova são achados de vinhos neolíticos (MC GOVERN, 2017), produzindo álcool como uma substância ritualística e recreativa, aproveitando-se de suas propriedades antissépticas, mantendo assim a bebida conservada por mais tempo. Da mesma forma, sumérios há cerca de 5.000 anos produziam sua própria cerveja e, não apenas como forma de conservar a colheita de grãos, mas sim como um produto central na economia daquela civilização (DAMEROW, 2012)



Figura 1: Impressão suméria em argila feita com selo cilíndrico, datada de aproximadamente 2.600 A.C. (DAMEROW, 2012)

De modo semelhante, pães produzidos no antigo Egito já eram feitos com base no que conhecemos hoje por fermentação, bem como fermentação de bebidas, cenas que se apresentam próximas em inscrições de tumbas. (Figura 1) (SAMUEL, 1989 *apud* DAMEROW, 2012). O milho, planta nativa da região norte da América Latina, era

uma planta pequena e com pouca produção de grãos; uma das teorias mais aceitas é a de que o milho teria sido melhorado a partir do Teosinto, (DOEBLEY, 1999) planta-irmã do milho até hoje presente no México, em um dos mais antigos casos de melhoramento genético conhecidos (Figura 2). Assim ele foi sendo selecionado por agricultores por centenas de gerações até observarmos a planta que conhecemos hoje

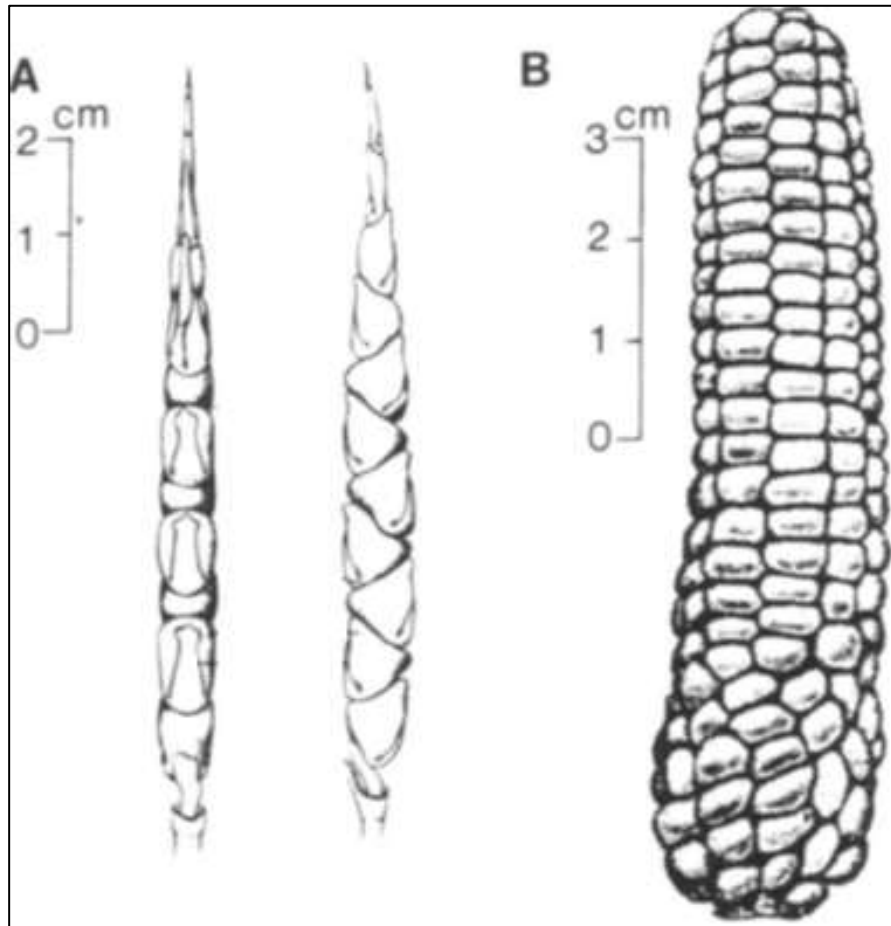


Figura 2: Arquitetura das espigas de Teosinto e de Milho (Inflorescências femininas). A: espiga de Teosinto. B: Espiga de milho. Adaptado de Doebley, 1999.

Um dos mais proeminentes cientistas em melhoramento genético, Gregor Mendel apresentou experimentos consistentes e abrangentes, ampliando a forma como se enxerga a herança das características através de gerações; elucidou a genética, ainda que de forma empírica sem conhecimento dos ácidos nucleicos, genes ou cromossomos. Foi um trabalho de investigação justamente do melhoramento genético, utilizando cruzamentos, seleção artificial e seus desdobramentos (MENDEL, 1865).

Desde os Egípcios, Sumérios e Gregor Mendel, os avanços na área da Biotecnologia foram inúmeros. A Ciência descobriu como modificar bactérias (COHEN, 1973), aprendeu a duplicar artificialmente trechos de DNA (MULLIS, 1986), como identificar pessoas por impressões digitais genéticas (JEFFREYS, 1985), como clonar animais (CAMPBELL, 1996) e até como alterar o DNA de células animais para fugir de mutações relacionadas ao câncer (SANDER, 2014).

2.2 BIOTECNOLOGIA E O CONTEXTO CTS - TECNOLOGIA CIÊNCIA E SOCIEDADE

Em “The Structure of Scientific Revolutions” Thomas Kuhn traz a ideia de que, dentro de um determinado contexto, as repostas científicas são insuficientes em dado momento, e assim surgem as chamadas revoluções científicas. (KUHN, 1962). Este pensamento, em consonância com o postulado pela Ciência, Tecnologia e Sociedade (CTS), reforça a ideia de que a ciência não se encontra dissociada da sociedade, de suas necessidades e mais importante, das consequências que ela própria promove a essa mesma sociedade. Assim os fatos científicos passaram a ser vistos como produções de pessoas que são socialmente inseridas, ideológicas e não-neutras.

Sendo assim, podemos dizer que a ciência e seu produto aplicado, a tecnologia, são instrumentos de mudança de paradigma e compreensão, e como tal, meios de mudança social. Tomemos como exemplo a conectividade e portabilidade dos equipamentos eletrônicos. Esta revolução tecnológica tornou quase todas as informações acessíveis por meio da internet, quase instantaneamente, providas as condições (acesso à internet e a posse de um aparelho que o faça). O grande desafio – que define o conceito CTS – é compreender como as forças sociais tais como a necessidade social, forças econômicas e políticas, e fenômenos culturais, controlam e influenciam o desenvolvimento tecnológico – e biotecnológico, no recorte deste trabalho.

As áreas do conhecimento são divididas tradicionalmente. É comum a divisão entre Ciências Humanas, Exatas e Biológicas. Ora, se até o momento não há conhecimento de produção científica por outros organismos além do ser humano, então concluímos que toda Ciência é Humana, bem como todo desenvolvimento tecnológico. Assim, o

fazer científico está indissociavelmente ligado aos fenômenos sociais. Esta aproximação pode ser realizada justamente pela abordagem CTS, que segundo BAZZO (2012) serve de elo entre a cultura humanística e a cultura científica e tecnológica.

Também de forma tradicional, habitual, as Ciências são tratadas com neutralidade, quase superioridade. A Figura 3 notícia de 20/02/2013 extraída do *site* G1 traz um exemplo.

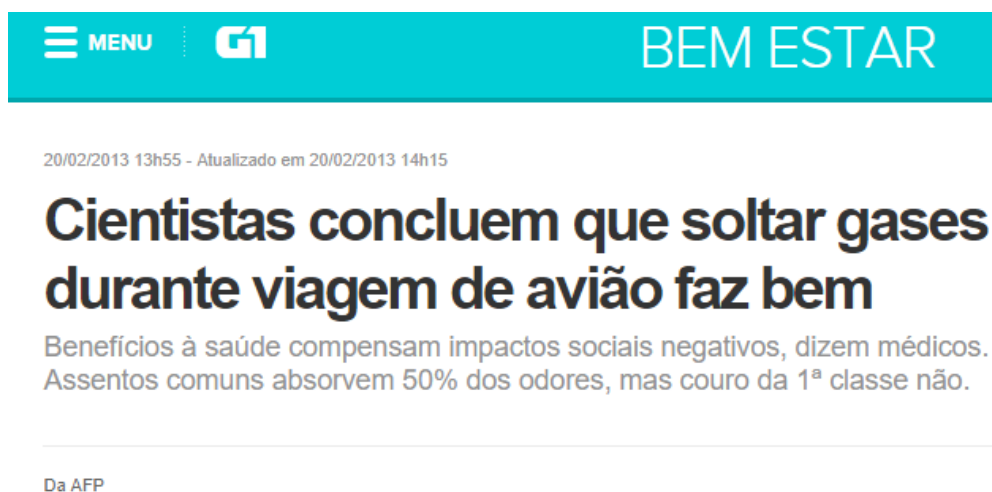


Figura 3: Notícia do site G1, de 20/02/2013, sobre flatulências em aeronaves.

Embora um fenômeno fisiológico como a flatulência seja natural, é socialmente desaprovado fazê-lo em público. Fica claro que não é saudável contê-los, mas para que isto seja aceito a ciência precisa afirmá-lo. É comum portanto que a ciência, a técnica, seja tida como verdade absoluta, inclusive em questões que possam trazer consequências sociais.

BAZZO (2012) novamente ensina que ignorar preceitos humanísticos relativos a diferentes questionamentos, e primar pelo tecnicismo em detrimento do humanismo é, sem dúvida, um reflexo da cultura sistemática de suprimir valores humanos e priorizar o técnico, material:

A característica de irrelevar as inúmeras variáveis – notadamente as centradas no homem –, ao que indica, é reflexo da superlativa valorização que emprestamos à técnica em detrimento dos valores humanos. Já discuti questão semelhante, quando abordei o tema do ensino em engenharia, no meu livro *Ciência, tecnologia e sociedade*, (Bazzo, 2011). Sem dúvida, essa problemática pode ser deslocada e, com mais propriedade, incorporada às discussões da formação dos jovens na educação básica que tem, pelo menos, em tese, a possibilidade e a capacidade de contribuir para a construção da personalidade, da

intelectualidade e da inteligência/sensibilidade, além da ética e da moral dos jovens estudantes.

Ou ainda segundo FREIRE (1985, p. 20) que diz que “Não se pode pensar em objetividade sem subjetividade. Não há uma sem a outra, que não podem ser dicotomizadas.”

Mostrando-nos que a pretensa neutralidade da ciência é impossível de se alcançar; o ensino técnico e objetivo é também, assim, uma mentira. Este fenômeno pode induzir a reflexão do porquê isto ocorre, e a quem, ou quais grupos, beneficia esta supressão humanística e contextual. A quem o pensamento dissociado da crítica, puramente técnico, irá favorecer? CORRÊA (2017) traz uma reflexão acerca do trabalho:

O trabalho deve criar identidade social e transcender à necessidade de sobrevivência, ir além do conceito de emprego, fazer o homem ver-se como agente transformador do ambiente em que vive, sentir-se valorizado e reconhecido e compreender-se como artífice de seu próprio destino.

O individualismo e a dissociação da pessoa com o meio geram uma sociedade desconexa, egoísta e entorpecida por suas pequenas conquistas cotidianas. FREIRE (1996, p. 48) reflete a respeito da negação deste individualismo em favor do coletivismo, do pensamento – insisto – contextualizado e socialmente inserido:

Há um século e meio Marx e Engels gritavam em favor da união das classes trabalhadoras do mundo contra sua espoliação. Agora, necessária e urgente se fazem a união e a rebelião das gentes contra a ameaça que nos atinge, a da negação de nós mesmos como seres humanos submetidos à “fereza” da ética do mercado.

O pensamento humanista, coletivo, não-individualista, fere e ameaça interesses hegemônicos. Uma educação – como este trabalho propõe – conferidora de autonomia, reflexão, inserida e atriz nos contextos sociais não pode se furtar em contextualizar todo conhecimento técnico-científico, porquanto gigantesco promotor de mudanças sociais.

Quando se debate a finalidade da educação e da escolarização – complementares e não-sinônimos – podemos esbarrar em divergências de opinião; a Lei de Diretrizes e Bases (BRASIL, 1996?) traz o seguinte (grifo meu):

TÍTULO II

DOS PRINCÍPIOS E FINS DA EDUCAÇÃO NACIONAL

Art. 2º A educação, dever da família e do Estado, inspirada nos **princípios de liberdade e nos ideais de solidariedade humana**, tem por finalidade o pleno desenvolvimento do educando, **seu preparo para o exercício da cidadania** e sua qualificação para o trabalho.

Art. 3º O ensino será ministrado com base nos seguintes princípios:

[...]

XI - **vinculação** entre a educação escolar, o trabalho e as **práticas sociais**.

Como o próprio documento norteador da escolarização Brasileira preconiza, a educação deve trazer os ideais de solidariedade humana e o preparo para o exercício da cidadania. Uma definição de cidadania é a “condição de pessoa que, como membro de um Estado, se acha no gozo de direitos que lhe permitem participar da vida política”.

Embora tenhamos segundo Milton Santos (1992) que

Das escolas, a instalação de um regime repressivo com a supressão dos direitos elementares dos indivíduos, a substituição rápida e brutal, o triunfo, ainda que superficial, de uma filosofia de vida que privilegia os meios materiais e se despreocupa com os aspectos finalistas da existência e entroniza o egoísmo como lei superior, porque é instrumento da busca da ascensão social. Em lugar do cidadão formou-se um consumidor, que aceita ser chamado de usuário.

Assim, pode-se talvez devanear que a promoção do ensino com enfoque em CTS possa, em alguma medida, conferir – ou devolver – um papel mais cidadão à educação, em consonância com a proposta oficial lavrada em documento federal – a LDB.

2.3 LIVRO DIDÁTICO – UMA OBRA AUTORAL

Os livros didáticos (LDs), mais do que balizadores para o processo de aprendizagem, são orientadores curriculares e, em certa medida, representam a verdade, trazendo em suas páginas posicionamentos hegemônicos, contraditórios, alternativos. De qualquer modo, é a forma de converter conceitos e opiniões em algo concreto, em fatos (MACEDO 2004).

O LD é uma obra da literatura, e como qualquer obra, possui autoria. Assim, toda a organização do pensamento ali contida, a forma na qual as ideias são colocadas, a ordem em que se traz os diferentes assuntos, a abordagem utilizada para cada temática, os exemplos trazidos para ilustrar cada assunto, e enfim toda a organização de um livro didático são autorais, pessoais e intencionais. A importância da escolha do livro didático é tamanha que TORRES (1996) traz considerações acerca de estudo do Banco Mundial referente ao tema. O estudo afirma encontrar alta correlação entre livros didáticos e desempenho escolar, sendo visto aos olhos do relatório como “expressão operativa” do currículo (TORRES, 1996).

Esse objeto de aprendizagem intermediário entre a realidade e as estruturas cognitivas, o livro didático, pode ter papel central na organização do currículo e, assim, facilitar e organizar as informações de forma lógica, permitindo que estudantes de fato se apropriem dos temas científicos. Acompanhar notícias de divulgação científica e as novidades dos diferentes temas tecnológicos, através das mídias convencionais, não significa conhecê-los, compreendê-los, muito menos apropriar-se deles. A indispensável compreensão e apropriação do conhecimento, de forma ampla, abrangente, é papel central da escolarização e requer, assim, um trabalho pedagógico alinhado, intencional e planejado (ANDRADE, 2013).

Espera-se, algo ingenuamente, que ao finalizar um nível de escolarização uma pessoa seja capaz de exercer determinadas habilidades, desenvolvendo competências diversas. Dentro da seara deste trabalho, em especial, que versa sobre um tema ainda recente na escolarização formal, a preocupação neste sentido não é diferente. No entanto, observa-se de forma preocupante que mesmo ingressantes do nível superior em saúde não atingem um nível de domínio apropriado de conceitos biotecnológicos (ANDRADE, 2013), evidenciando parca estruturação destes conceitos na escolarização básica e ainda repetição de conceitos prévios equivocados.

Se o livro didático é uma obra autoral e intencional, sua escolha é também autoral, e são diversos parâmetros envolvidos na decisão ou não de se adotar determinada obra didática. Pesquisa-se pouco a respeito – em um levantamento entre 2007 e 2014, menos de 4% dos trabalhos de pesquisa em Educação versaram sobre a escolha e uso do LD (SCHRIMER 2017). Sabe-se, contudo, que há vários fatores envolvidos nesta escolha, tais como a linguagem utilizada, a ordem escolhida para apresentação dos temas abordados, os recursos visuais empregados, as atividades propostas entre exercícios de fixação e práticas, entre tantos outros (SCHIRMER, 2017).

Por um lado, é questionável o modelo de escolarização e o tipo de conhecimento que se trabalha em sala de aula: assuntos aprofundados em demasia para estudantes de ensino básico, trazidos em sua maior parte de forma descontextualizada, promovem uma alienação do conhecimento, impondo grandes quantidades de informação, sem no entanto dialogar com quem lê. A Universidade, e o curso de Ciências Biológicas, enquanto formadora de profissionais da pesquisa e da educação, organiza seu currículo de uma maneira semelhante. Porquanto propõe-se a um trabalho e finalidade diferenciados do ensino básico, é compreensível por exemplo que se apresentem aspectos taxonômicos de fungos, flores, insetos, ou detalhes fisiológicos das plantas, seus hormônios, seus tecidos internos. Porém, dentro desta proposta há uma contextualização muito maior, uma vez que os assuntos são extensivamente trabalhados, acompanhados de demonstrações práticas, saídas de campo, discussões de artigo e outras propostas.

Observa-se, de forma similar, uma organização dos livros didáticos e dos currículos do Ensino Básico, que se assemelha à organização observada no curso superior; em muitos casos inclusive repetem-se as mesmas sequências em semelhante nível de profundidade – propriedades da água, funções biológicas de íons, tipos de tecidos epiteliais glandulares exócrinos. Na maioria dos casos, portanto, observa-se uma miniaturização do currículo de nível superior, transposto para o ensino básico.

Seria interessante se esse processo de transposição trouxesse consigo o tempo planejado para práticas, demonstrações e saídas de campo, mas o que ocorre é a escolha dos temas centrais de cada assunto, suprimindo importantes experiências educacionais e suas contextualizações. Como exemplo, a própria fisiologia vegetal que na Universidade apresenta-se de forma eminentemente prática, com experimentos em

campo e em laboratório. Sua apresentação em livros didáticos de ensino básico traz os elementos mais importantes para a compreensão da fisiologia da planta – seus hormônios, respostas ao ambiente, macronutrientes e micronutrientes importantes ao desenvolvimento da planta, na maioria das vezes sem o complemento das aulas práticas correspondentes.

Mesmo com essa importante parte da botânica apresentada, esta simples lista de informações é insuficiente para o aluno cuidar de uma horta ou de uma muda, quer seja em sua casa, na casa de estudantes ou na escola. A organização do livro didático e do currículo primam pelo acadêmico e relegam suas aplicações e conexões a um segundo plano.

Detalhes anatômicos e fisiológicos de insetos, como os solenócitos de planárias, feromônios e a ecdisona de insetos, são citados em diversas obras didáticas há décadas. Embora sua importância biológica seja incontestável, sua relevância para o cotidiano do estudante é questionável.

Estes conhecimentos foram adquiridos em alguns casos há menos tempo que a descoberta, por exemplo, da primeira enzima de restrição em 1968, ou da criação da técnica de Reação em Cadeia da Polimerase no mesmo ano. Em 2018, na oportunidade do cinquentenário destas descobertas, observa-se que são assuntos recentes nos livros didáticos – embora aplicações obrigatórias em laboratórios de ciências biomédicas –, e não são trazidos em aulas práticas na temática da biotecnologia para o ensino básico.

As consequências práticas de alguns processos biotecnológicos – como a produção de transgênicos, ou a identificação de genes específicos em humanos e animais – são brevemente levantadas, quando em alguns casos esse desdobramento é justamente a questão mais importante a ser discutida.

No exercício da cidadania, em uma educação autonomizadora, o domínio da técnica é pré-requisito necessário, mas não consiste em condição suficiente. É preciso ir além e abordar os problemas decorrentes destas técnicas, sejam eles éticos ou ambientais.

2.4 PROGRAMA NACIONAL DO LIVRO E DO MATERIAL DIDÁTICO (PNLD)

O Programa Nacional do Livro e do Material Didático é um programa governamental destinado à avaliação de livros didáticos, assim como outros recursos didáticos para uso em sala de aula. O programa é voltado a diversas instituições de ensino não-privadas, como a rede básica pública federal, estadual e municipal, bem como instituições filantrópicas.

Anteriormente havia duas diferentes ações para este mesmo fim: o Programa Nacional do Livro Didático (PNLD) e o Programa Nacional Biblioteca da Escola (PNBE).

Após a unificação das ações em 2017, o Programa ampliou a gama de recursos que podem ser abarcados, tais como jogos, programas de computador, objetos de aprendizagem, e materiais para formação e gestão escolar.

Para contemplar as quatro modalidades educacionais do ensino básico, o PNLD é executado alternadamente: atendem-se os segmentos de Ensino Infantil; Ensino Fundamental – Séries Iniciais; Ensino Fundamental – Séries Finais; e Ensino Médio.

Podem ainda, dentro deste mesmo programa, ser contemplados professores e estudantes de modalidades e etapas distintos, assim como necessidades de públicos específicos da educação básica tais como educação especial, materiais para sala de recursos, especificidades da EJA, dentro de ciclos específicos do programa, ou edições à parte.

São realizados chamamentos anuais para o Programa, e editoras que produzam livros didáticos podem ser incluídas no mesmo. Diferentes obras são disponibilizadas através do PNLD, de modo que as escolas decidem qual livro será adotado durante o próximo período escolar. O presente trabalho ateve-se apenas a materiais indicados pelo guia PNLD 2018 (BRASIL 2017)

2.5 A ORGANIZAÇÃO DOS CONHECIMENTOS – LEGISLAÇÃO E VESTIBULAR

Já no início do documento dos Parâmetros Curriculares Nacionais para o Ensino Médio – PCN (BRASIL, 1990) – lemos o seguinte trecho (grifo do texto original):

“A formação do aluno deve ter como alvo principal a aquisição de conhecimentos básicos, **a preparação científica e a capacidade de utilizar as diferentes tecnologias relativas às áreas de atuação.**”

Em outro momento o mesmo documento cita a Lei de Diretrizes e Bases (LDB) de 1996 (BRASIL, 1996), reforçando sua consonância com o dispositivo legal:

Na perspectiva da nova Lei, o Ensino Médio, como parte da educação escolar, “*deverá vincular-se ao mundo do trabalho e à prática social*” (Art.1º § 2º da Lei nº 9.394/96). Essa vinculação é orgânica e deve contaminar toda a prática educativa escolar.

Ainda, o artigo 35 da LDB traz em seu texto, também citado no próprio documento do PCN (grifo meu):

“O Ensino Médio, etapa final da Educação Básica, com duração mínima de três anos, terá como finalidade:

I - a consolidação e aprofundamento dos conhecimentos adquiridos no ensino fundamental, possibilitando o prosseguimento de estudos;

II - a **preparação básica** para o trabalho e a **cidadania** do educando como pessoa humana, incluindo a formação ética e o **desenvolvimento da autonomia intelectual e do pensamento crítico**;

III - a compreensão dos fundamentos científico-tecnológicos dos processos produtivos, relacionando a teoria com a prática, no ensino de cada disciplina.”

Finalmente, dentro da área da Biologia os PCN traz alguns conhecimentos, competências e habilidades a serem desenvolvidas em Biologia, não restritas a esta lista mas norteadoras do currículo a ser implementado. Aqui figura recorte de parte destes conhecimentos, referentes à temática da Biotecnologia (grifo meu):

“O desenvolvimento da Genética e da Biologia Molecular, das tecnologias de manipulação do DNA e de clonagem traz à tona **aspectos éticos envolvidos na produção e aplicação do conhecimento científico e tecnológico**, chamando à **reflexão sobre as relações entre a ciência, a tecnologia e a sociedade**. Conhecer a estrutura molecular da vida, os mecanismos de perpetuação, diferenciação das espécies e diversificação intraespecífica, a importância da biodiversidade para a vida no planeta são alguns dos elementos essenciais para um **posicionamento criterioso relativo ao conjunto das construções e intervenções humanas** no mundo contemporâneo.”

Por fim, as competências e habilidades que os PCN prevê que o egresso do Ensino Médio deva ser capaz de articular:

Representação e comunicação

- Descrever processos e características do ambiente ou de seres vivos, observados em microscópio ou a olho nu.
- Perceber e utilizar os códigos intrínsecos da Biologia.
- Apresentar suposições e hipóteses acerca dos fenômenos biológicos em estudo.
- Apresentar, de forma organizada, o conhecimento biológico apreendido, através de textos, desenhos, esquemas, gráficos, tabelas, maquetes etc
- Conhecer diferentes formas de obter informações (observação, experimento, leitura de texto e imagem, entrevista), selecionando aquelas pertinentes ao tema biológico em estudo.
- Expressar dúvidas, idéias (sic) e conclusões acerca dos fenômenos biológicos.

Investigação e compreensão

- Relacionar fenômenos, fatos, processos e idéias (sic) em Biologia, elaborando conceitos, identificando regularidades e diferenças, construindo generalizações.
- Utilizar critérios científicos para realizar classificações de animais, vegetais etc.
- Relacionar os diversos conteúdos conceituais de Biologia (lógica interna) na compreensão de fenômenos.
- Estabelecer relações entre parte e todo de um fenômeno ou processo biológico.

- Selecionar e utilizar metodologias científicas adequadas para a resolução de problemas, fazendo uso, quando for o caso, de tratamento estatístico na análise de dados coletados.
- Formular questões, diagnósticos e propor soluções para problemas apresentados, utilizando elementos da Biologia.
- Utilizar noções e conceitos da Biologia em novas situações de aprendizado (existencial ou escolar).
- Relacionar o conhecimento das diversas disciplinas para o entendimento de fatos ou processos biológicos (lógica externa).

Contextualização sociocultural

- Reconhecer a Biologia como um fazer humano e, portanto, histórico, fruto da conjunção de fatores sociais, políticos, econômicos, culturais, religiosos e tecnológicos.
- Identificar a interferência de aspectos místicos e culturais nos conhecimentos do senso comum relacionados a aspectos biológicos.
- Reconhecer o ser humano como agente e paciente de transformações intencionais por ele produzidas no seu ambiente.
- Julgar ações de intervenção, identificando aquelas que visam à preservação e à implementação da saúde individual, coletiva e do ambiente.
- Identificar as relações entre o conhecimento científico e o desenvolvimento tecnológico, considerando a preservação da vida, as condições de vida e as concepções de desenvolvimento sustentável.

Com base nos trechos de documentos aqui trazidos, podemos inferir que:

- 1) não há assuntos obrigatórios, dentro do escopo da Biologia nem da Biotecnologia, uma vez que os documentos pretendem-se gerais e, de certa forma, atemporais; é prevista uma ação cidadã e autônoma da educação básica, e uma formação abrangente e articuladora do egresso do Ensino Médio;
- 2) embora a biotecnologia, como termo específico, não seja trazida à tona nestes documentos (de fato não figura o termo em nenhum dos documentos) posto que seu desenvolvimento ainda é recente, algumas de suas aplicações e implicações já são

previstas, em especial a capacidade de articulação crítica pelo estudante destas intervenções biotecnológicas.

O intuito de trazer tais documentos é ressaltar a importância, não apenas no escopo teórico e autoral deste trabalho, mas o viés institucional do qual a escolarização brasileira ainda está imbuído. Há, na presente data, a previsão de um novo Ensino Médio, cujo documento norteador será a Base Nacional Comum Curricular. Ainda não foram publicados os documentos referentes ao ensino médio, assim, a referência para Biologia está baseada nos documentos existentes.

Embora a legislação educacional brasileira seja vasta, abrangente, e traga propostas emancipatórias e formadoras, a prática continua adequada a um sistema curricular baseado em assuntos, desconexos entre si.

O Exame Nacional do Ensino Médio – ENEM – apresentou Competências e Habilidades, novas formas de abordar os conhecimentos do Ensino Médio, em consonância com os PCN. Em sua concepção original, o ENEM era um exame avaliativo da escolarização brasileira, com intuito também de reformular progressivamente o modelo de ensino e organizacional dos assuntos abordados tradicionalmente no ensino básico. Porém, a partir do momento em que o ENEM passa a ser utilizado em grande escala como forma de acesso às Universidades, o Exame passa a reproduzir a maneira como outros Concursos Vestibulares operam; seus modelos de questão abordam assuntos pouco integrados e exigem conhecimentos aprofundados.

Este modelo de prova, que é a base para a entrada nos cursos de nível superior, acaba sendo utilizado como modelo para nortear toda a escolarização. A entrada na Universidade é, para grande parte dos estudantes de Ensino Médio, o principal horizonte após a conclusão do Ensino Básico. Concursos públicos, empregos, diversas oportunidades de trabalho são menos penosas e mais bem remuneradas quanto maior o grau de escolaridade.

Nesse cenário, as provas de vestibular, e a necessidade do acesso a Universidades, acabam pautando o modelo do Ensino Médio, que traz refletido em suas obras didáticas o mesmo modelo de organização do conhecimento das provas de vestibular, em detrimento à formação autônoma, analítica, crítica e inserida na sociedade.

3. DELINEAMENTO METODOLÓGICO

Este trabalho foi organizado em três etapas, compostas de:

- a) **Análise de Bibliografia:** Foram analisadas cinco coleções de livros didáticos adotados no Ensino Médio para análise dos temas de biotecnologia, levando-se em conta os assuntos escolhidos, posicionamento lógico na obra, requisitos necessários para compreensão da unidade, sugestões de atividades práticas e outros aspectos didáticos.
- b) **Comparação com o Estado-da-Arte:** Embora haja atualmente inúmeras aplicações biotecnológicas, serão analisadas aquelas com mais prevalência no cotidiano e na mídia, bem como aquelas essenciais à compreensão das técnicas atuais mais utilizadas.
- c) **Proposta de Atualização:** Com base nas etapas a) e b) será feita uma proposta de reorganização dos assuntos abordados.

4. ANÁLISE DA BIBLIOGRAFIA PNLD 2018

Dentre as coleções PNLD, foi possível obter cinco coleções didáticas, através de doações, para análise neste trabalho:

- 1) Biologia Hoje (LINHARES, 2016)
- 2) Biologia (SILVA JÚNIOR, 2017)
- 3) BIO - (LOPES, 2017)
- 4) #Contato Biologia – (OGO, 2017)
- 5) Biologia Unidade e Diversidade (FAVARETTO, 2016)

As obras analisadas são todas de diferentes autorias. No entanto, de forma geral a Biotecnologia é tratada como um capítulo à parte (assim como a Fisiologia Humana ou a Diversidade Vegetal), dentro do qual assuntos são trazidos na forma de subtítulos. À exceção da obra de José Arnaldo Favaretto – Biologia Unidade e Diversidade, todos os livros analisados trazem assuntos da Biotecnologia em sua coleção. O assunto, em todas as obras, é apresentado majoritariamente no livro 3 da coleção, ou seja, previsto para trabalhá-lo no terceiro ano do Ensino Médio. A clonagem é, no livro de Sérgio Linhares, abordada no capítulo de embriologia, constante no livro 2 da coleção (previsto para o segundo ano do Ensino Médio)

4.1 ASSUNTOS ABORDADOS

São abordados alguns dos temas mais recorrentes em provas de vestibular, como enzimas de restrição, Reação em Cadeia da Polimerase, transgênicos, plasmídeos, clonagem reprodutiva e terapêutica, eletroforese como ferramenta de análise de DNA e DNA Fingerprint.

Foram mapeados, de maneira global, treze assuntos de escopo geral nos livros analisados, sendo eles:

- Melhoramento não-OGM – O melhoramento genético através de abordagens tradicionais, sem alterações genéticas da espécie, seja por transgenia ou não;
- Enzimas de Restrição – abordagem das enzimas usadas na construção de vetores e da transgenia;

- Clonagem e DNA recombinante – subtítulo referente a técnicas de transformação bacteriana, também relacionado à transgenia;
- PCR – técnica da Reação em Cadeia da Polimerase, em geral envolvida com identificação molecular de microssatélites aplicada à determinação de paternidade e questões forenses;
- Vetores – abordagem dos diferentes vetores de fragmentos de DNA na transformação de Organismos Geneticamente Modificados;
- Eletroforese / DNA Fingerprint – A técnica de eletroforese é apresentada em conjunto com a análise de perfil molecular, ou DNA Fingerprint – a impressão genética;
- Hibridização – técnica de identificação direcionada de fragmentos de DNA por complementaridade de sequência;
- Geneterapia (Não CRISPR) – pesquisa em técnicas de terapia genética usando fragmentos de DNA com sequências de interesse para reverter ou mitigar condições genéticas;
- Sequenciamento de Genomas – trabalhos de sequenciamento do teor completo de cromossomos de espécies, em especial abordando o genoma humano, e ressaltando quão incompletas são as informações obtidas por este grande conjunto de dados;
- Animais transgênicos – exemplos de aplicações da transgenia em animais, em pesquisas e em aplicações práticas já implementadas;
- OGMs/Transgênicos – além da diferenciação entre os conceitos, aborda a questão das plantas resistentes ou nutricionalmente modificadas – aqui também são abordados os diferentes pontos favoráveis ou contrários a este tema;
- Células-tronco – trata de pesquisas com células multipotentes adultas e seus potenciais terapêuticos;
- Clones e Clonagem reprodutiva / terapêutica – aborda pesquisas com embriões e células-tronco embrionárias, questões éticas da clonagem de indivíduos

humanos, e potenciais terapêuticos na diferenciação tecidual direcionada destas células embrionárias.

A tabela 1 mostra a presença e ausência destes assuntos nas diferentes obras analisadas.

Tabela 1: Distribuição dos diferentes temas presentes nos livros didáticos analisados. SeLi: Sérgio Linhares, Biologia Hoje (LINHARES, 2016) ; CeSe: Cesar & Sezar, Biologia (SILVA JÚNIOR, 2017); SoLo: Sônia Lopes, BIO - (LOPES, 2017); OgGo: M. Ogo e L. Godoy, #Contato Biologia – (GODOY, 2017); Fav: J. A. Favaretto, Biologia Unidade e Diversidade (FAVARETTO, 2016).

Assuntos	SeLi	CeSe	SoLo	OgGo	Fav
Melhoramento não-OGM			X		
Enzimas de Restrição	X	X	X		
Clonagem e DNA recombinante	X	X	X	X	
PCR	X	X	X		
Vetores	X	X	X	X	
Eletroforese / DNA Fingerprint	X	X	X	X	
Hibridização	X		X		
Geneterapia (Não CRISPR)	X	X	X	X	
Sequenciamento de Genomas	X	X	X		
Animais transgênicos	X	X	X		
OGMs/Transgênicos	X	X	X	X	
Células-tronco	X	X	X		X
Clones e Clonagem reprodutiva / terapêutica	X	X	X	X	X

A Figura 4 traz uma comparação entre as cinco coleções estudadas, mostrando de forma quantitativa a variedade de tópicos abordados dentro da Biotecnologia.

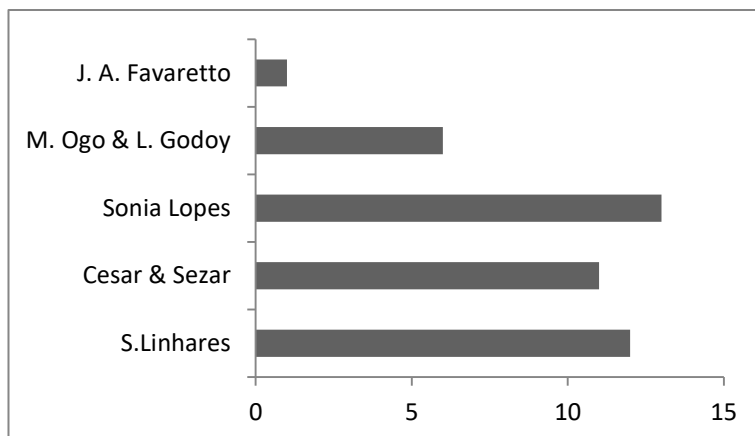


Figura 4: comparação de número de assuntos abordados dentro do tema de Biotecnologia entre as cinco coleções estudadas.

Como foi comentado anteriormente, a obra de FAVARETTO (2016) não aborda o assunto da Biotecnologia, Engenharia Genética ou título semelhante. No entanto, traz o estudo de células-tronco e clonagem.

O livro com mais ampla inclusão de Biotecnologia foi o de Sônia Lopes (2017), seguido pelas obras de Sérgio Linhares (2016) e Cesar & Sezar (2017).

A Figura 5 mostra que os assuntos mais tratados foram Células-tronco e Clonagem, Transgênicos e tecnologia de DNA recombinante, e a eletroforese ligada a exames de DNA,

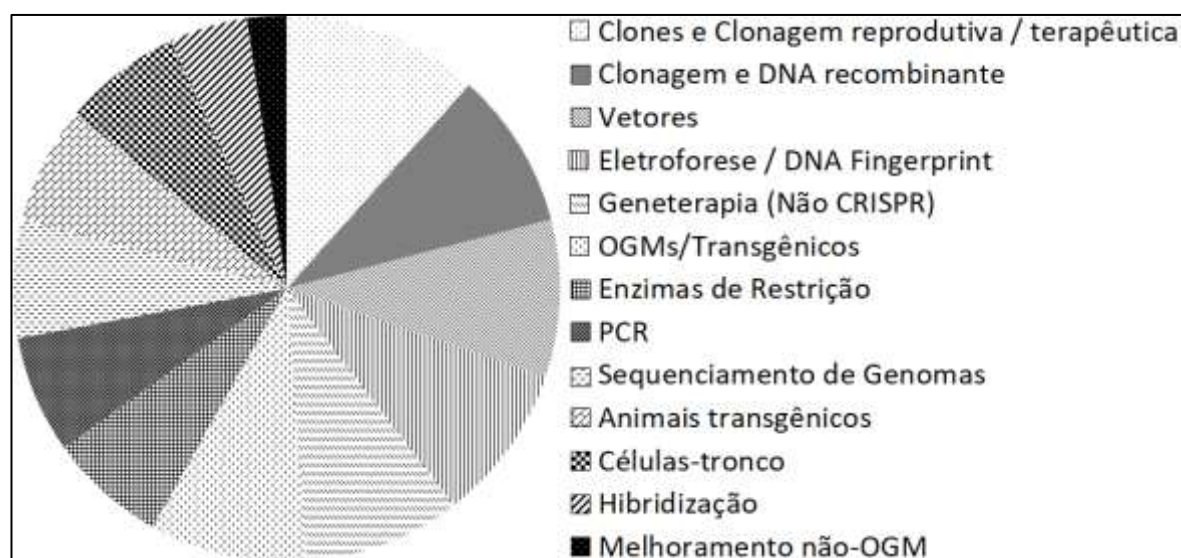


Figura 5: Proporção da abordagem dos 13 assuntos mapeados, por cada um dos cinco livros analisados

Podemos observar pelo gráfico da Figura 5 que os assuntos mais abordados foram a Clonagem, Transgenia (incluindo técnicas de construção) e Exames de DNA. Estes assuntos são bastante recorrentes em provas de vestibular.

No intuito de compreender a motivação destas prioridades, foi realizado um levantamento no *site* SuperPro Web ®, onde é possível acessar questões de diversas provas vestibulares de todo o Brasil, desde 1989. Contabilizando-se questões de vestibular desde 2001, de um universo de 11.306 questões de Biologia, 327 são categorizadas dentro da área de “Engenharia Genética”, ou Biotecnologia.

Através de buscas por palavras-chave foi possível observar que o tema Clonagem ocorre 123 vezes, e o tema da *Transgenia* ocorre 158 vezes (maior número de ocorrências de todos os assuntos pesquisados). *Técnicas de DNA recombinante* são citadas 41 vezes, e *enzimas de restrição*, 26. Os termos *Eletroforese* e *DNA Fingerprint* ocorrem 10 e 6 vezes, respectivamente. A *técnica CRISPR*, em contraste, apresenta 4 ocorrências, todas entre 2016 e 2018, em um universo de 1935 questões desse período.

O *site* categoriza suas questões de Engenharia Genética em Clonagem, Células-Tronco, Exames de DNA, Sequenciamento de Genoma, Tecnologia do DNA Recombinante e Transgênicos. A Figura 6 mostra a proporção de questões de vestibular entre 2001 e 2018 no banco de dados do *site*, mostrando também a ocorrência da busca pela palavra-chave CRISPR e, para termo de comparação, a proporção de ocorrência de questões abarcando Briófitas, no mesmo período.

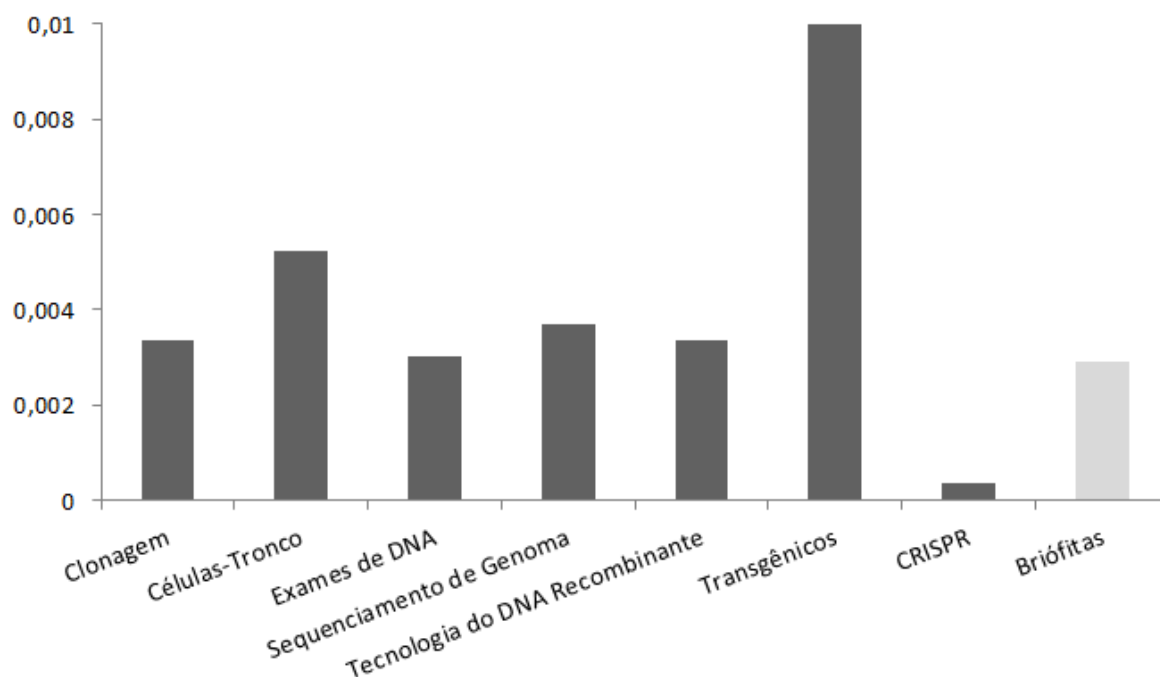


Figura 6: Proporção de questões de vestibular no banco de dados do *site* SuperPro Web® referente ao total de questões de Biologia entre 2001 e 2018.

Assim observamos que os temas mais abordados em provas de vestibular são os mesmos priorizados pelos livros – ou seja, Transgênicos e OGMs, Células-Tronco e Exames de DNA.

De forma geral, a Biotecnologia apresentada nos livros trata basicamente de técnicas de manipulação e análise do material genético, ignorando bioprocessos, e melhoramentos não-transgênicos. De fato, no livro de S. Linhares o tópico é chamado de “Aplicações da Genética Molecular”. No entanto, o capítulo de Biotecnologia do livro #Contato Biologia apresenta em sua introdução um breve histórico do assunto, trazendo exemplos aplicações biotecnológicas não-manipulativas do DNA.

De forma geral também são abordados de forma superficial, ou ignorados, aspectos como as consequências ambientais, sociais ou para a saúde humana de alimentos transgênicos. Técnicas de biorremediação e biocontrole utilizando ou não transgênicos são também omissas nos livros, bem como a edição genômica – em especial a edição utilizando técnica CRISPR-CAS9, técnica que ganhou notoriedade em 2016 e mudou a perspectiva de como abordar doenças genéticas. Talvez o mais evidente seja, de fato, a pretensa neutralidade com que os assuntos são tratados – típicos de uma abordagem tradicional, não-CTS.

4.2 ANÁLISE CRÍTICA – ABORDAGEM CTS

Tomemos como modelo central desta análise a apresentação da transgenia e, em especial, de alimentos transgênicos. Em todas as obras, pode-se dizer, poucos são os questionamentos éticos, sociais e ambientais desta introdução na alimentação humana e na fronteira agrícola. Quando há uma discussão, os benefícios e malefícios são comparados em igual medida, o que traz uma falsa noção de neutralidade à análise. Não são, nesse contexto, trazidas alternativas ao modelo empregado na produção de alimento e na forma de consumo, à produção em larga escala, nem ao uso de agrotóxicos, dando a falsa impressão de que não há alternativas produtivas para alimentos.

Também nesse mesmo tema existe vasta bibliografia demonstrando diversos problemas apresentados por agrotóxicos à saúde humana e ao meio ambiente; as discussões propostas nas obras didáticas resumem-se a poucas linhas de controvérsia, pesando, de fato, prós e contras.

A regulamentação acerca de alimentos transgênicos é frequente alvo de tentativas de flexibilização e condescendência, negando ao consumidor o direito de conhecer seu próprio alimento. Nas obras analisadas há escassa referência ao direito de consumidor de conhecer alimentos transgênicos; em termos de ilustração então, a abordagem é nula, sem nenhuma imagem apresentando o símbolo de transgenia em rótulos de alimentos. Assim, fica aparente que há uma defesa tácita do uso de transgênicos, na medida em que alternativas menos danosas e mais sustentáveis, como a produção agroflorestal e a agricultura familiar, sequer são trazidas à tona.

Abaixo se encontram transcritos alguns dos trechos sobre transgênicos e, quando disponível, sua contextualização social. Os números sobrescritos referem-se a comentários a respeito do parágrafo transcrito.

4.2.1 Biologia (SILVA JÚNIOR, 2017):

[...]Ou seja, o herbicida mata as plantas daninhas mas não afeta a planta cultivada. Já a soja não transgênica é danificada com a aplicação do glifosato.[...]¹

As sementes suicidas

[...] as sementes da segunda geração são estéreis [...] O objetivo dessa tecnologia é bem claro: obrigar os agricultores a comprar sementes novas a cada ano.”²

A tabela 2 é transcrição de um quadro comparativo apresentado na obra de Cesar Sezar & Caldini.

Tabela 2: Quadro comparativo de argumentos favoráveis e contrários à soja transgênica

Alguns argumentos a favor da soja transgênica³	Alguns argumentos contra a soja transgênica³
<ol style="list-style-type: none"> 1. Com o aumento da produção mundial, tanto a soja quanto outros transgênicos poderiam ajudar a resolver o problema da fome. 2. Plantar soja transgênica permite maior produtividade. 3. O uso de menos herbicidas significaria um custo final menor para o agricultor. 4. O uso de menos herbicidas significaria menor poluição do ambiente e menor contaminação dos alimentos 	<ol style="list-style-type: none"> 1. O problema da fome está mais relacionado à distribuição da riqueza no mundo do que a técnicas agrícolas 2. Os possíveis danos à saúde humana não foram estudados suficientemente 3. Na soja transgênica são produzidas novas proteínas que não existem na soja comum, o que pode levar a um aumento na incidência de alergias em algumas pessoas. 4. Algumas pragas têm se tornado resistentes ao glifosato, obrigando a usar mais herbicida, com todos os problemas correlacionados: maior custo e maior poluição 5. Pode haver contaminação “genética” de outras culturas, que receberiam o gene “enxertado” por meio da polinização cruzada 6. O produtor fica dependente das multinacionais que produzem tanto a semente transgênica como (sic) o glifosato

¹ Embora o texto informe que o glifosato ataca plantas não transgênicas, não fica evidente por exemplo que a contaminação deste agrotóxico com lavouras vizinhas irá exterminar a produção, especialmente no caso de pequenas propriedades ou de cultivos variados como a agricultura familiar.

² Uma excelente crítica, mecanismo empregado por empresas a favor de seu capital e impedindo a propagação das sementes;

³ Outra ótima contribuição da obra à articulação CTS. Embora alternativas de produção em menor escala não sejam sugeridas, o primeiro argumento contra transgênicos traz a questão central - a fome é uma questão de distribuição de renda, e não de técnica agrícola. Os argumentos poderiam ser organizados em oposição; ainda assim, traz bons questionamentos.

Comentário geral: Há uma preocupação em articular o assunto com questionamentos e expondo posicionamentos diversos.

4.2.2 Bio (Lopes, 2017):

[...] Por meio dessas ovelhas transgênicas tem sido possível obter essa proteína a um custo bem inferior⁴ [...] Várias espécies vegetais, como milho, algodão, tomate e outras, portam e expressam genes de bactérias que lhe conferem resistência a insetos. Com isso, são menos predadas por esses organismos.⁵ Variedades de soja transgênica resistentes a herbicidas também já foram desenvolvidas, assim como uma variedade de arroz rica em betacaroteno, substância precursora da vitamina A. Um exemplo curioso é o de plantas de tabaco contendo o gene associado à bioluminescência do vaga-lume[...]⁶

⁴ O uso de animais transgênicos como fonte de material biológico é uma questão ética considerável, que sequer a autora tangencia.

⁵ A produção de substâncias inseticidas e repelentes não é questionada nem por seu impacto ambiental a espécies nativas, nem por suas consequências à saúde humana, uma vez que estas toxinas podem causar reações adversas no corpo humano.

⁶ A curiosidade do gene da fluoresceína poderia ser trazida com diversos exemplos (como em animais ou cnidários experimentais). Parece imprudente usar justamente

uma planta de tabaco como exemplo, sequer contextualizando para que serve a planta ou como ela é cultivada.

Comentário geral: O capítulo é pobremente tratado, trazendo exemplos técnicos e nenhuma proposta de/para reflexão.

4.2.3 Biologia Hoje (LINHARES, 2016):

[...] Com esse gene a planta pode receber um determinado herbicida que mata as ervas daninhas sem ser afetada.⁷ [...] Nas plantações convencionais, é preciso usar vários herbicidas, mais tóxicos que o glifosato⁸ [...] Também tem sido estudada a opção de vacinação oral por meio da alimentação com vegetais transgênicos⁹ [...] para os críticos, não há provas suficientes de que esses produtos não causem danos à saúde ou desequilíbrios no ambiente – pelo menos a longo prazo¹⁰. Por isso, em muitos países, é necessário identificar os produtos que possuem um componente transgênico acima de certa porcentagem mínima (no Brasil, o governo estabeleceu 1%)¹¹ [...] Em relação à saúde, os defensores dos transgênicos argumentam que os estudos não indicam nenhum problema. A maioria das proteínas e do DNA é destruída (fragmentada em aminoácidos e nucleotídeos) no cozimento ou pela digestão¹². Entretanto uma pequena quantidade de DNA e proteína pode ser absorvida e cair no sangue. Tudo indica, porém, que essas moléculas são destruídas pelo sistema de defesa do organismo. Além disso, nos alimentos não transgênicos também há proteínas e genes – presentes nas células de plantas, de animais e nos vírus que parasitam essas células. E também não há evidências de que isso cause problemas ao nosso organismos.¹³

[...]o risco de alergia a esses alimentos não é maior do que o dos alimentos convencionais¹⁴ [...] em alguns transgênicos, há uma redução na quantidade de agrotóxicos, o que é benefício para a saúde humana.¹⁵

[...] os grãos de pólen das plantas transgênicas podem ser levados pelo vento ou por insetos e fecundar plantas convencionais¹⁶ [...] No caso da soja o risco é menor porque ela realiza autopolinização. Já para o milho [...] plantas transgênicas devem guardar uma distância mínima das culturas convencionais.¹⁷

Além disso, os animais que atacam as pragas poderiam morrer quando ingerissem os insetos que se alimentaram de plantas transgênicas com agrotóxico em suas células. Mas o agrotóxico das culturas convencionais também poderia matar esses insetos.¹⁸ Assim, a diminuição do uso de agrotóxicos que alguns transgênicos proporcionam poderia ajudar na preservação das espécies selvagens.¹⁹

É possível também que o uso de certos transgênicos provoque uma seleção de insetos resistentes ao agrotóxico presente na planta. Mas essa resistência também pode aparecer nas plantações que recebem agrotóxicos. O risco pode ser diminuído usando plantas não transgênicas como um refúgio para os insetos não resistentes.²⁰

⁷ O autor não menciona que, a exemplo do item 1, plantas não transgênicas serão afetadas pela aplicação do glifosato. Novamente, o prejuízo de pequenas propriedades rurais e da agricultura familiar acaba sendo menosprezado.

⁸ Em mais uma comparação tendenciosa, o autor defende o uso do glifosato, argumentando que há piores cenários, como o uso de agrotóxicos tradicionais, sem considerar que há alternativas mais sustentáveis como o biocontrole.

⁹ Aqui um problema ético enorme passa batido pelo exemplo do autor: utilizar alimentos transgênicos como vacina, e impor esta nutracêutica à sociedade. Quais impactos estes antígenos podem ocasionar em animais? Qual a chance do surgimento de híbridos naturais produtores de antígeno?

¹⁰ A análise semiótica, e parcial, indica com a dupla negação uma tentativa de desmerecer o olhar crítico. Na frase "não há provas de que não causem danos" poderíamos substituir por "há indícios de que cause dano", uma vez que a bibliografia é extensa. Além disso, as provas de neutralidade dos transgênicos sobre o ambiente são produzidas e fomentadas por seus próprios desenvolvedores, tornando os estudos, no mínimo, questionáveis.

¹¹ Talvez a maior falha do livro, justamente citar a rotulagem obrigatória, inclusive no Brasil, e não apresentar sequer uma ilustração deste rótulo. Além disso, o livro afirma que a porcentagem mínima para rotulagem é de 1%. Na verdade, hoje não existe porcentagem mínima - esta é uma proposta de alteração da lei de Biossegurança, e tramita no Projeto de Lei da Câmara nº 34, de 2015. A lei de Biossegurança afirma que a presença de componentes transgênicos deve ser informada no rótulo, sem especificar quantidades. Na realização do livro e até a data da realização deste trabalho o projeto não havia sido aprovado - e contava com 22.505 de votos contrários a sua aprovação, contra apenas 1.023 votos favoráveis.

¹² O argumento de afirmar que proteínas e DNA serão absorvidos e levados à corrente sanguínea sequer faz sentido - o intestino delgado absorve aminoácidos e nucleotídeos livres. A já sedimentada preocupação quanto à produção de proteínas transgênicas refere-se à capacidade antigênica destes novos componentes, ou sua eventual resistência a digestão. Afinal, a inserção de um único gene, em local descontrolado e submetido a diferentes regiões regulatórias, dificilmente irá alterar o proteoma apenas em uma proteína, visto que tais mecanismos regulatórios da expressão gênica em eucariotos são complexos e intrincados

¹³ Afirmar que também há proteínas e genes em não transgênicos é de uma retórica surpreendentemente superficial, afinal qualquer ser vivo possui genes e proteínas. O caso é o prejuízo que estes podem ocasionar por serem exógenos.

¹⁴ Mais uma falácia, posto que alimentos convencionais são produzidos há séculos e o comportamento da fisiologia humana é amplamente conhecido. A resposta imunológica e alérgica à produção de proteínas exógenas por transgênicos é o foco das críticas.

¹⁵ Embora haja um benefício para a saúde humana em reduzir a quantidade de agrotóxicos, há por outro lado o problema da resistência que incorre da aplicação constante do mesmo agrotóxico sobre uma mesma variedade cultivar (GAZZIERO et al, 2011). Além disso, os autores se esquecem de alternativas viáveis e muito mais sustentáveis de cultivo, como aquelas que não utilizam toxinas sintéticas para o plantio em práticas agrofloretais em menor escala e maior número de propriedades familiares.

¹⁶ De fato isso pode ocorrer, embora os autores não explorem as consequências para esse evento, como a contaminação de lavouras vizinhas e mesmo morte de insetos contaminados por agrotóxicos usados na lavoura transgênica. Tampouco trazem alternativas a esse problema.

¹⁷ Aqui os autores incorrem em outra falácia; o fato de a soja ser capaz de autopolinização não impede de este pólen ser transportado e fecundar outras plantas de soja não transgênicas (MONASTEROLLO et al., 2015).

¹⁸ Novamente um dado respaldado: diversos agrotóxicos são também tóxicos a diversos insetos, implicando uma ameaça a biodiversidade.

¹⁹ Nesse ponto há uma extrapolação perigosa: da mesma forma que reduzir a quantidade de agrotóxicos pode ser benéfico, cultivar transgênicos pode ocasionar seu aumento, devido à aquisição de tolerância pelas plantas - além de, como dito anteriormente, haver alternativas que não necessitem o uso de pesticidas, sejam cultivares transgênicos ou não

²⁰ A recomendação de uso de refúgios é feita pela própria Monsanto, o que diminui a resistência das larvas ao Roundup. Biocidas biológicos são novamente uma solução, bem como a combinação de plantio agroflorestal, ampliando a teia alimentar e propiciando um controle biológico feito por predadores naturais.

Comentário geral: O livro parece defender abertamente o uso de transgênicos, uma vez que traz diversos benefícios e prontamente resolve as críticas quando as apresenta. Trata o assunto de forma bastante ampla, dedicando boa parte de seu capítulo a ele.

4.2.4 #Contato Biologia – (GODOY, 2017)

No Brasil, os trabalhos de melhoramento genético de espécies cultivadas (café e milho, por exemplo) se iniciaram na década de 1930. Apesar disso, foi a partir do estabelecimento das bases da biotecnologia molecular atual nacional, na metade da década de 1970, que muitos avanços foram conquistados nas pesquisas agropecuárias, com a disponibilidade de técnicas de Engenharia Genética.²¹

Atualmente, alguns alimentos transgênicos se encontram disponíveis para consumo humano, como milho, feijão, soja, abobrinha e mamão. Destes, apenas os três primeiros são liberados para consumo no Brasil.²²

²¹ Parte do texto introdutório do capítulo, este trecho ressalta a importância de meios não-manipulativos do DNA para seleção de cultivares, procedimento largamente utilizado muito antes de técnicas moleculares serem desenvolvidas.

²² Ao apresentar os exemplos de transgênicos utilizados no país, o livro segue a lógica neutra e científica, eximindo-se da discussão fervorosa sobre vantagens e perigos do uso destes organismos, bem como dos seus desdobramentos socioeconômicos.

Comentário geral: Outro exemplo de livro que trata brevemente do assunto, de forma neutra e socialmente dissociada.

4.3 POSICIONAMENTO LÓGICO DOS ASSUNTOS DENTRO DA OBRA

A inclusão deste assunto no livro 3, pretendido ao 3º ano do ensino médio, tem como justificativa a complexidade de conceitos que se precisa articular para compreensão de tais técnicas. A eletroforese, por exemplo, que funciona com base em um campo elétrico, conduzido através de uma solução iônica. Esta exerce força sobre objetos (fragmentos de DNA), cuja carga se dá pela presença de um fosfato, e se deslocam a diferentes velocidades conforme sua massa. Aí são integrados vários conceitos da física e química. Da mesma forma, compreender a inserção de genes exógenos demanda a compreensão de

Por outro lado, não é difícil incluir o tema de forma transversal na obra, apresentando de forma gradativa alguns dos conceitos. A modificação genética de plantas alimentícias pode ser trabalhada juntamente à Botânica ou à Biologia Celular, ou ainda à Ecologia, até mesmo dentro das conceituações básicas de espécie, questionando suas consequências ecológicas e para a biodiversidade. Os aspectos éticos e sociais de alimentos transgênicos podem ser tratados junto à Geografia, História e Sociologia ao tratar modelos agrícolas e de consumo; mosquitos transgênicos enquanto alternativa no combate a epidemias de zoonoses, e como isso impactaria as faunas selvagens; a clonagem terapêutica como forma de tratar lesões nervosas ou musculares dentro do assunto de histologia humana; terapia gênica e edição genômica como horizontes ao câncer, frequentemente tratado junto ao assunto do ciclo celular; como esses tratamentos poderiam ser implementados de forma humana e acessível, e como se dá hoje o tratamento de doenças graves em países sem sistema público de saúde.

4.4 ATIVIDADES PRÁTICAS E OUTROS ASPECTOS DIDÁTICOS

Um livro é um material didático, como um laboratório ou um quintal também podem ser. É um apoio para a docência, e a sala de aula não está limitada a este único recurso. No entanto, quando uma escola adota uma obra didática, em geral, está adotando a forma de se trabalhar o conhecimento que o livro sugere.

Os livros analisados não apresentam, em nenhum momento, propostas práticas para visualização material dos conceitos trabalhados. Há sim diversas propostas de discussão, pesquisa e aprofundamento, mas nada que organize materialmente os conhecimentos da unidade.

A Biotecnologia, como toda a Biologia em um certo aspecto, é uma área eminentemente prática; a engenharia genética como um todo demanda laboratórios bem equipados, e tudo é feito através de experimentos. Embora sejam equipamentos e reagentes de custo elevado, é possível construir objetos de aprendizagem, maquetes, modelos tridimensionais, e de forma criativa representar fisicamente os processos apresentados nos livros.

Pode-se dizer que os livros são ricamente ilustrados – uma de suas grandes utilidades. Assim, esquemas elaborados e representações realistas de processos complexos são facilmente visualizados diretamente no livro. Além disso, como um dos objetivos de aprendizagem de biotecnologia propostos por este trabalho é justamente o fomento ao pensamento autônomo e crítico, atividades autônomas de pesquisa e discussões em grupo são excelentes articuladoras dos conhecimentos apresentados, permitindo um amplo espaço de trabalho para a sala de aula.

5. CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS

Quatro dos cinco livros analisados apresentam temáticas relacionadas à biotecnologia, algumas de suas bases e algumas discussões acerca de subcategorias relacionadas. Todos os quatro, em algum grau, trabalham assuntos relevantes para o cotidiano e abordam temas tecnicamente centrais. Há certa falta de criticidade e até defesa de alguns aspectos questionáveis, embora seja fomentado o pensamento autônomo nesse quesito. A falta de propostas práticas é parcialmente compensada com boas ilustrações e propostas de atividades engajadoras. A abordagem crítica e contextualizada CTS não é apresentada em nenhum momento, refletindo o modelo da educação científica brasileira, ainda tecnicista e centrada em provas de vestibular para entrada em Universidades.

Como proposta de contribuição ao material didático analisado, alguns pontos são elencados:

- 1) Introdução de ao menos um parágrafo ou quadro explicativo, contextualizando a introdução de transgênicos na sociedade e na lavoura, ressaltando algumas consequências socioeconômicas e culturais desta prática, tais como a toxicidade de agrotóxicos exclusivos de transgênicos (THONGPRAKASANG, 2013) e a contaminação de variedades selvagens ou tradicionais por pólen transgênico (CHILCUTT, 2004) e pelo próprio pesticida (NEUMANN, 2006).
- 2) abordagem de técnicas alternativas à monocultura de latifúndio, como a prática agroflorestal ou a agricultura familiar (LACEY, 2007);
- 3) apresentação de instruções básicas e ilustrações da rotulagem de alimentos transgênicos, ressaltando a presença destes vegetais em alimentos menos óbvios como biscoitos e salgadinhos que utilizem óleo de soja e amido de milho transgênicos;
- 4) propostas de práticas ou modelos, como a realização de eletroforese ou maquetes de plasmídeos.

6. BIBLIOGRAFIA

ANDRADE, J. A. **Biotecnologia, representação e tomada de consciência: Aprendizagem nos cursos de Ciência da Saúde na UESB**. 2013. 238 f. Tese (Doutorado) - Centro de Biotecnologia - Universidade Federal do Rio Grande do Sul.

BAZZO, Walter Antonio. Cultura científica versus humanística: A CTS é o elo? **Revista Iberoamericana De Educación**. Barcelona, n, 58, p. 61-79. 2012.

BRASIL. **Lei de Diretrizes e Bases da Educação Nacional**, Lei nº 9394, 20 de dezembro de 1996.

BRASIL. **Parâmetros Curriculares Nacionais** (Ensino Médio), 2000.

BRASIL. Ministério da Educação. PNLD 2018: apresentação – **guia de livros didáticos – ensino médio**/ Ministério da Educação – Secretária de Educação Básica – SEB – Fundo Nacional de Desenvolvimento da Educação. Brasília, DF: Ministério da Educação, Secretária de Educação Básica, 2017. 39 p.

CAMPBELL, K. H., MCWHIR J., RITCHIE, W. A., WILMUT, I. Sheep cloned by nuclear transfer from a cultured cell line. **Nature**, Nova Iorque, v. 380, p. 64-6. Março, 1996.

COHEN, S. N., CHANG, A. C. Y., BOYER, H. W., HELLING, R. B. **Construction of Biologically Functional Bacterial Plasmids In Vitro**. Proc. Nat. Acad. Sci. USA. Vol. 70, No. 11, pp. 3240-3244, 1973.

CHILCUTT, CHARLES & TABASHNIK, BRUCE. Contamination of refuges by *Bacillus thuringiensis* toxin genes from transgenic maize. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Rockville Pike, v. 101, n. 20, p. 7526–7529. Maio. 2004.

CORREA, Luciana Flôr; BAZZO, Walter Antonio. Contribuições da Abordagem Ciência, Tecnologia e Sociedade para a Humanização do Trabalho Docente. **Contexto & Educação**, Ijuí, n. 102,p. 57-80. Maio/ago. 2017.

DOEBLEY, John; STEC, Adrian, WENDEL, Jonathan; EDWARDS, Marlin.

Genetic and morphological analysis of a maize-teosinte F2 population: Implications for the origin of maize. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, Washington, v. 87, p. 9888-9892, dezembro. 1990

DAMEROW, Peter. Sumerian Beer: The Origins of Brewing Technology in Ancient Mesopotamia. **Cuneiform Digital Library Journal**. California/Oxford/Berlim. v. 2, p. 01-20, janeiro. 2012.

FAVARETTO, José Arnaldo. **Biologia Unidade e Diversidade**, 3º ano. 1ª Edição, São Paulo: FTD. 2016

FREIRE, Paulo. **Pedagogia do Oprimido**. 11ª Edição. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1985, 107 pág.

FREIRE, Paulo. **Pedagogia da Autonomia: Saberes Necessários à Prática Educativa**. 25ª Edição. São Paulo: Paz e Terra, 1996, 54 pág.

JEFFREYS, A. J., WILSON V., THEIN, S. L. Hypervariable ‘minisatellite’ regions in human DNA. **Nature** n. 314, p. 67–73. 1985.

KUHN, Thomas S.. **The Structure of Scientific Revolutions**, 2ª Edição.. Chicago: The University of Chicago Press, 1970, 222 pág.

LACEY, H. Há alternativas ao uso dos transgênicos? **Novos estudos cebrap**, São Paulo, n. 78. p. 31-39 . Julho. 2007.

LINHARES, Sérgio. **Biologia Hoje**. 3ª Edição, São Paulo: Ática, 2016.

LOPES, Sônia. **Bio**, volume 3. 3ª Edição, São Paulo: Saraiva, 2016.

MACEDO, Elizabeth. A imagem da ciência: folheando um livro didático. **Educação & Sociedade**, Campinas, v. 25, n. 86, p. 103-129, abril. 2004.

MCGOVERN, P., Jalabadze, M., Batiuk, S., Callahan, M. P., Smith, K. E., Hall, G. R., Kvavadze, E., Maghradze, D., Rusishvili, N., Bouby, L., Failla, O., Cola, G., Mariani, L., Boaretto, E., Bacilieri, R., This, P., Wales, N., Lordkipanidze, D. Early Neolithic wine of Georgia in the South Caucasus. **Proceedings of the National Academy of Sciences of the United States of America**, Washington, v. 114, n. 48, 2017.

MENDEL, G. **Versuche über Pflanzen-Hybriden**. Transactions of Verhandlungen des naturforschenden Vereines in Brünn IV:3–270, 1865.

MULLIS, K.; FALOONA, F.; SCHARF, S.; SAIKI, R. G. HORN, & H. EHRLICH. Specific Enzymatic Amplification of DNA In Vitro: The Polymerase Chain Reaction. **Cold Spring Harbor Symposia on Quantitative Biology**, Nova Iorque, v. 51 p. 263-273. 1986.

NEUMANN, G.; KOHLS1, S.; LANDSBERG, E; STOCK-OLIVEIRA SOUZA, K.; YAMADA, T.; RÖMHELD, V. Relevance of glyphosate transfer to non-target plants via the rhizosphere, **Journal of Plant Diseases and Protection**, v. 20, p. 963-969, 2006.

OGO, Marcela. Yaemi. **#Contato Biologia**, 3º Ano. 1ª Edição. São Paulo: Quinteto. 2016.

ONU (Organização das Nações Unidas). United Nations Conference on Environment & Development. Rio de Janeiro, Brazil, 3 to 14 June 1992. 351 pp.

SANDER, J. D. & JOUNG, J. K. **CRISPR-Cas systems for editing, regulating and targeting genomes**. Nature Biotechnology 32, pp 347–355, 2014.

SANTOS, Milton. **O espaço da cidadania e outras reflexões**, Porto Alegre: Fundação Ulysses Guimarães, 2011. 226 pág.

SCHIRMER, Saul Benhur; SAUERWEIN, Inés Prieto Schmidt. Livros didáticos em publicações na área de ensino: contribuições para análise e escolha. **Investigações em Ensino de Ciências**, Porto Alegre, v. 22, n. 1, p. 23-41, abril. 2017

SILVA JÚNIOR, César da. **Biologia**, 3. 11ª Edição, São Paulo: Saraiva. 2016.

THONGPRAKAISANG, S.; THIANANAWAT A.; RANGKADILOK N.; SURIYOC T.; SATAYAVIVAD J. Glyphosate induces human breast cancer cells growth via estrogen receptors. **Food and Chemical Toxicology**, Nova Iorque, v. 59, p. 129-136. Setembro, 2013

TORRES, R. M. **Melhorar a qualidade da educação básica? As estratégias do Banco Mundial** in: O Banco Mundial e as Políticas Educacionais. São Paulo: Editora

Cortez, 1996.